

УДК: 519.876.2: 681.327

Я.Г. СКОРЮКОВА, С.М. МАРКОВ

СТРУКТУРНО-ЗВ'ЯЗНОСТНА МОДЕЛЬ КОЛЬОРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ ДЛЯ ЗАДАЧ СЕГМЕНТАЦІЇ

Вінницький національний технічний університет,
Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, 21021, Україна,
E-mail: msm01@vstu.vinnica.ua

Анотація. В статті проаналізовані відомі моделі кольорових зображень та методи їх сегментації. Представлена структурно-зв'язностна модель кольорового зображення та показано її використання для задач сегментації.

Аннотация. В статье проанализированы известные модели цветных изображений и методы их сегментации. Представлена структурно-связностная модель цветного изображения и показано её использование для задач сегментации.

Abstract. The well-known methods of color imaging and segmentation methods have been analyzed in the article. The structure-connected model of color imaging has been presented and its usage for segmentation purposes has been demonstrated.

Ключові слова: кольорові зображення, сегментація, структурно-зв'язностна модель зображення.

ВСТУП

Наша сучасність характеризується швидким розвитком методів та засобів отримання, оброблення, передачі та розпізнавання значних потоків інформації в реальному часі з необхідною точністю та продуктивністю. Особлива увага при цьому приділяється обробці зображень, оскільки саме вони несуть найбільший об'єм інформації, яка може бути використана в науці, техніці та різних галузях господарства. Саме в цьому контексті зростає актуальність розробки моделей, методів та засобів обробки зображень, які давали б можливість автоматизації та підвищення точності і швидкодії вказаних процесів.

Однією з складових частин обробки та аналізу зображень є сегментація. Вона дозволяє розбивати зображення на області за певними ознаками, що характеризують ці області або зображення в цілому [1, 2]. Задачі, що розв'язуються на етапі сегментації, можуть виступати як частина задачі розпізнавання або доповнювати такі традиційні задачі обробки зображень як кодування, реставрація, покращення якості. Різноманітність зображень, що підлягають сегментації, обумовило її застосування в мікробіології, медицині, астрономії, військовій техніці та багатьох інших галузях життя.

Велику цікавість останнім часом викликає сегментація кольорових зображень. Це пов'язано з тим, що, з одного боку, кольорові зображення несуть найбільш повну інформацію, а, з другого боку, за останнє десятиріччя кольорові пристрої введення та апаратні засоби обробки кольорових зображень стали досить доступні за цінами. Прикладами задач, які потребують розробки нових ефективних методів та засобів сегментації кольору. При відтворенні ці три зображення змішуються і створюють складове кольорове зображення. В кольорових зображень є сегментація клітин та клітинних структур на зображеннях мікроскопічних гематологічних, гістологічних та цитологічних препаратів для задач автоматизації лабораторних та діагностичних досліджень.

АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ КОЛЬОРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Кольорові зображення, що потребують обробки, можуть бути поділені на природні кольорові та псевдокольорові зображення (тобто певним значенням інтенсивності монохромного сигналу присвоєні певні кольори) [3]. Надалі буде йти мова про перший тип зображень.

Модель будь-якого кольорового зображення можна розглядати як сукупність напівтонових зображень. Найбільш поширеною моделлю напівтонового зображення є представлення його у вигляді двовимірної функції виду $f(x,y)$. Значення функції f в точці з просторовими координатами (x, y) є додатною скалярною величиною. Функція $f(x,y)$ залежить від двох основних компонентів: 1) величини світлового потоку, що падає на об'єкт; 2) відносною частиною світлового потоку, що відбивається об'єктом. Перший компонент можна охарактеризувати освітленістю $i(x,y)$, а другий коефіцієнтом відбиття $r(x,y)$. Тому можна представити $f(x,y) = i(x,y) r(x,y)$. Надалі значення функції f_0 в точці з координатами (x_0, y_0) будемо називати яскравістю даної точки, а функцію $I = f(x,y)$ функцією яскравості, що

відповідає більшості літературних джерел [1-3].

Врахувавши теорему відліків [2] і провівши дискретизацію та квантування функції $I=f(x,y)$, можемо перейти до матричної форми. Тобто представимо вхідне зображення у вигляді матриці A^0 , що становить сукупність елементів (або пікселів) зображення $a(m,n)$, де $m=1, \dots, M$, а $n=1, \dots, N$, де M – кількість рядків, а N – кількість стовпців:

$$A^0 = \begin{pmatrix} a(1,1) & a(1,2) & \dots & a(1,N) \\ a(2,1) & a(2,2) & \dots & a(2,N) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a(M,1) & a(M,2) & \dots & a(M,N) \end{pmatrix}.$$

Значення елементів $a(m,n)$ обмежені умовою: $0 < a(m,n) < C$, де C – максимально можлива яскравість, і належать до області цілих невід'ємних чисел.

Надалі, при виборі моделі необхідно враховувати, на які пристрої відтворення кольору а також на які прикладні задачі орієнтована подальша обробка зображення. Наприклад, для кольорових моніторів та широкого класу відеокамер найбільш поширеною є модель RGB (червоний, зелений, синій), а для кольорових принтерів моделі CMY (блакитний, пурпуровий, жовтий) та CMYK (блакитний, пурпуровий, жовтий, чорний), а також модель HIS (яскравість, кольоровий тон, насиченість), що добре відповідає кольоросприйняттю людини [1, 2].

Зображення, що представлені в моделі RGB складаються з трьох окремих зображень-компонент, по одному для кожного первісного основі моделі лежить декартова система координат. Кольоровий простір можна розглядати як куб, в якому точки, що відповідають червоному, зеленому та синьому, розташовані в трьох кутах куба.

Кольори блакитний, пурпуровий та жовтий є вторинними відносно основних кольорів світлових джерел. Саме тому таку модель зображення CMY використовують для нанесення кольорових фарбників на папір для таких пристроїв як кольорові принтери та копіювальні пристрої. Якщо про нормувати показники кольорів від нуля до одиниці, то можна представити:

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}.$$

Для отримання кращої якості, зокрема, при друці чорного кольору, кольорова модель CMY розширюється до моделі CMYK, яка містить четвертий основний колір – чорний.

Розглянуті моделі є найбільш пристосованими до апаратної реалізації, причому система RGB більш вдало узгоджується із зоровою системою людини. Але при сприйнятті кольорів людиною найбільш близькою є модель HIS, в якій яскравісна інформація (інтенсивність) відділена від кольорової інформації (кольоровий тон, насиченість). Ця модель є зручною для побудови алгоритмів обробки зображень. В [1] розглядаються геометричні методи моделювання вказаних систем та перетворення RGB-простору в HIS-простір.

При виборі моделі кольорового зображення для задач сегментації необхідно враховувати вимоги, що висуваються до методів та алгоритмів, що розробляються. Це може бути, наприклад, можливість реалізації паралельних обчислень для паралельних обчислювальних середовищ [4].

АНАЛІЗ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ КОЛЬОРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Один з найбільш відомих методів сегментації на підставі кольору – це метод, що використовує простір HIS, оскільки саме в цьому просторі основна інформація про колір міститься в компоненті кольорового тону. Компонента насиченості використовується для формування маски, що дозволяє в подальшому виділити зону цікавості в компоненті кольорового тону. Компонента інтенсивності при такому підході майже не використовується. Такий метод дає задовільні результати тільки якщо вхідне зображення зовсім просте, зони сегментації однорідні і мають чітке розділення за кольором [1].

Інший підхід – це робота в кольоровому просторі RGB. При такому методі передбачається, що колір знаходиться в деякому певному діапазоні. Для деякої репрезентативної вибірки отримують оцінку середнього кольору, що підлягає сегментації. Далі задача сегментації зводиться до того, щоб класифікувати кожен піксель даного зображення у відповідності з тим, попадає його колір в заданий

діапазон чи ні. Для того щоб робити зіставлення, використовують певну міру схожості. У більшості випадків використовують евклідову відстань. Нехай z – довільна точка в RGB-просторі. Будемо вважати, що точка z схожа за кольором з точкою a , якщо відстань між ними не перевищує деякого заданого порогового значення D_0 . Евклідова відстань між точками z і a задається виразом:

$$D(z, a) = \|z - a\| = \left[(z - a)^T (z - a) \right]^{\frac{1}{2}} = \left[(z_R - a_R)^2 + (z_G - a_G)^2 + (z_B - a_B)^2 \right]^{\frac{1}{2}}.$$

Цей метод дає значно кращі результати і може бути застосований для більш складних зображень. Але алгоритми, що реалізують цей метод, орієнтовані на послідовну обробку, тому він є малопридатний при реалізації на паралельних обчислювальних структурах. Окрім того, оскільки в якості ознаки сегментації використовується тільки колір, то без додаткових операцій виділення та покращення метод є не придатним для багатьох класів зображень [1].

Найбільш відомий засіб багатомірного порогового обмеження за яскравістю. Він полягає в тому, що кольорове зображення представляють в системах координат кольору RGB, CMY, HIS. Одержують гістограми для цих дев'яти кольорових координат. Фактично вони є маргінальними гістограмами деякої сумісної багатомірної гістограми. Якщо не всі гістограми ознак унімодальні, то застосовується спеціально розрахована на цей випадок процедура визначення найкращого признаку і найкращого рівня, за яким виконується порогове обмеження цієї ознаки. Цей спосіб в поєднанні з розрізненням текстур виявляється досить ефективним. Проте, велика частина керуючих операцій виконується людиною-оператором, а для налагодження параметрів процедури вимагається людське судження, засноване на візуальному аналізі результатів спробних експериментів з різними пороговими значеннями [2].

СТРУКТУРНО-ЗВ'ЯЗНОСТНА МОДЕЛЬ КОЛЬОРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ

Для побудови структурної моделі вхідного зображення оберемо кольоровий простір RGB. Представимо його як функцію від трьох функцій яскравості у відповідних координатах червоного, зеленого та блакитного кольорів: $g[f_R(x, y), f_G(x, y), f_B(x, y)]$.

При цьому кожна з функцій $f_R(x, y)$, $f_G(x, y)$, $f_B(x, y)$ є окремим напівтоновим зображенням. Відповідно до вказаних функцій вхідне зображення можна представити трьома матрицями A_R^0 , A_G^0 , A_B^0 . Дії з цими матрицями можна виконувати паралельно. Розглянемо формування структурно-зв'язностної моделі на прикладі однієї з них.

На першому кроці значення всіх елементів зображення A_R^0 зменшуються на визначену дискретну величину d . Математично це виглядає як різниця двох матриць: вхідної A_R^0 і матриці D такої ж вимірності, всі елементи $d(m, n)$ якої мають однакові значення (наприклад, одиниця), що дорівнює кроку квантування [5-7].

$$A_R^0 - D = \begin{bmatrix} a(1,1) & a(1,2) & \dots & a(1,N) \\ a(2,1) & a(2,2) & \dots & a(2,N) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a(M,1) & a(M,2) & \dots & a(M,N) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} d(1,1) & d(1,2) & \dots & d(1,N) \\ d(2,1) & d(2,2) & \dots & d(2,N) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d(M,1) & d(M,2) & \dots & d(M,N) \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} a_R^1(1,1) & a_R^1(1,2) & \dots & a_R^1(1,N) \\ a_R^1(2,1) & a_R^1(2,2) & \dots & a_R^1(2,N) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_R^1(M,1) & a_R^1(M,2) & \dots & a_R^1(M,N) \end{bmatrix} = A_R^1.$$

де $d(1,1) = d(1,2) = \dots = d(M,N) = d$.

У відповідності з матрицею A_R^1 формується бінарна матриця B_R^1 (зріз) таким чином: якщо елемент матриці A_R^1 дорівнює нулю, то відповідний елемент зрізу B_R^1 отримує значення одиниці, всі інші елементи вказаного зрізу отримують значення нулів. Ці дії повторюються для матриці A_R^1 таким чином,

як би це була вхідна матриця A_R^0 , а потім і для всіх отриманих матриць A_R^k . Процес триває до тих пір, поки всі елементи зрізів $B_R^1, B_R^2, \dots, B_R^K$ відповідних матрицям $A_R^1, A_R^2, \dots, A_R^K$ не приймуть нульові значення. При чому кількість зрізів визначається за формулою: $K = C/d$, де C – максимальна яскравість зображення.

Таким чином, математична структурна модель напівтонового зображення представляється як сукупність бінарних зрізів відповідних рівнів яскравості:

$$A_R(M, N) = \text{fun} \left[\bigcup_{k=1}^K B_R^k(M, N) \right].$$

Таким чином, математична структурна модель кожного з каналів RGB зображення представляється як функціонал від сукупності бінарних зрізів відповідних рівнів яскравості:

$$\begin{aligned} A_R(M, N) &= \text{fun} \left[\bigcup_{k=1}^K B_R^k(M, N) \right], \\ A_G(M, N) &= \text{fun} \left[\bigcup_{k=1}^K B_G^k(M, N) \right], \\ A_B(M, N) &= \text{fun} \left[\bigcup_{k=1}^K B_B^k(M, N) \right]. \end{aligned}$$

СЕГМЕНТАЦІЯ КОЛЬОРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СТРУКТУРНО-ЗВ'ЯЗНОСТНОЇ МОДЕЛІ

Для кожної із складових представленої структурної моделі сформуємо модель, яка враховує просторовий взаємозв'язок елементів зображення. Для цього для кожного бінарного зрізу з одержаної сукупності обчислюється внутрішньозрізова зв'язаність:

$$\begin{aligned} \Delta_R^k &= \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \{ b_R^k(m+1, n) + b_R^k(m-1, n) + b_R^k(m, n+1) + b_R^k(m, n-1) + \\ &+ b_R^k(m+1, n+1) + b_R^k(m+1, n-1) + b_R^k(m-1, n-1) + b_R^k(m-1, n+1) \}, \\ \forall b^k(m, n) &= 1. \end{aligned}$$

Отриманні результати можуть бути представлені у вигляді функції:

$$\Delta_R(k) = \Delta_R^1, \Delta_R^2, \dots, \Delta_R^{k-1}, \Delta_R^k, \Delta_R^{k+1}, \dots, \Delta_R^K,$$

де $\Delta_R(k)$ - функція внутрішньозрізової зв'язаності.

Вочевидь, що високі значення внутрішньозрізової зв'язаності будуть означати, що елементи відповідного рівня яскравості представляють максимально зв'язану область. Функцію міжзрізової зв'язаності можна розглядати як зв'язностну характеристику структурної моделі.

Наступний крок – це дослідження отриманої функції, а саме виявлення найбільш зв'язаних областей, тобто визначення глобального максимуму та локальних максимумів функції $\Delta_R(k)$.

Визначення глобального максимуму математично може бути представлено як :

$$\text{MAX} \{ \Delta_R(k) \} = \Delta_R^{l_0},$$

де $\Delta_R^{l_0}$ – максимальне значення внутрішньозрізової зв'язаності, а $\text{MAX} \{ \cdot \}$ – функція пошуку максимального значення.

Визначення локальних максимумів функції, що досліджується може бути ускладнено внаслідок “перерізності” та “ступінчастості” гістограм. В такому випадку буде логічно апроксимувати гістограму або її ділянку деякою аналітичною функцією і визначити критичні точки, або скористатись певною апріорною інформацією.

Значення максимумів функції внутрішньозрізової зв'язаності можна представити наступним чином:

$$\Delta_R^{l_0} \geq \Delta_R^{l_1} \geq \Delta_R^{l_2} \geq \dots \geq \Delta_R^L,$$

де $\Delta_R^{l_0}, \Delta_R^{l_1}, \Delta_R^{l_2}, \dots, \Delta_R^L$ – значення максимумів функції внутрішньозрізової зв'язаності зрізів за номерами l_0, l_1, l_2, \dots, L відповідно. Причому $\{l_0, l_1, l_2, \dots, L\} \in \{1, 2, \dots, k, \dots, K\}$.

Для подальшого аналізу визначаються номери зрізів, яким відповідають максимуми. Таким чином, елементи бінарного зрізу $B_R^{l_i}$, що відповідає рівню яскравості c^{l_i} , становлять область, що максимально зв'язана на даному зображенні. Ці елементи відносяться до однієї з областей, що виділяється.

Формування функції міжзрізової зв'язаності здійснюється для кожного зрізу та сусіднього з ним має вигляд:

$$\Delta_R^{k,k-1} = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \{b_R^{k-1}(m+1, n) + b_R^{k-1}(m-1, n) + b_R^{k-1}(m, n+1) + b_R^{k-1}(m, n-1) + b_R^{k-1}(m+1, n+1) + b_R^{k-1}(m+1, n-1) + b_R^{k-1}(m-1, n+1) + b_R^{k-1}(m-1, n-1)\} \\ \forall b^k(m, n) = 1.$$

Для зрізу $(k+1)$ формування $\Delta_R^{k,k+1}$ є аналогічним.

Функція міжзрізової зв'язаності має вигляд:

$$\Delta'_R(k) = \Delta_R^{1,2}, \Delta_R^{2,3}, \dots, \Delta_R^{k-1,k}, \Delta_R^{k,k+1}, \Delta_R^{k+1,k+2}, \dots, \Delta_R^{K-1,K}.$$

Функція міжзрізової зв'язаності також є ознакою структурної моделі напівтонового зображення як і функція внутрішньозрізової зв'язаності. Проте, на відміну від функції внутрішньозрізової зв'язаності для аналізу міжзрізової цікавим є не вся гістограма, а її окремі дільниці. Процес вибору таких дільниць полягає в наступному. За початкові обираються зрізи, що є сусідні з тим зрізом, який має максимальну внутрішньозрізову зв'язаність. Тобто, якщо його номер дорівнює k , то сусідніми з ним будуть зрізи за номерами $k-1$ і $k+1$. Значення функції міжзрізової зв'язаності цих зрізів порівнюється з визначеним пороговим значенням. На підставі цього вирішується питання про належність елементів зрізів, що досліджуються до вихідної функції. Математично це виглядає так:

$$\text{Якщо } \Delta^{k,k+1} \geq P_1 \Rightarrow B^{k+1} \in V(\lambda_i) \text{ або } R^{k,k+1} \in V(\lambda_i), \quad (1)$$

$$\text{Якщо } \Delta^{k,k-1} \geq P_2 \Rightarrow B^{k-1} \in V(\lambda_i) \text{ або } R^{k,k-1} \in V(\lambda_i), \quad (2)$$

де P_1 і P_2 – відповідно перше та друге порогове значення.

Процес порівняння значень міжзрізової зв'язаності з кожним наступним сусіднім значенням триває до тих пір поки умова (1) або (2) не буде порушена. Процес може здійснюватись “ліворуч” і “праворуч” (або “догори” та “донизу”) паралельно починаючи від зрізу з максимальним значенням внутрішньозрізової зв'язаності. Якщо умова (1) або (2) не виконується, то процес припиняється у даному напрямку. Таким чином, виділена область становить множину елементів, координати яких визначаються координатами одиничних елементів зрізів з підпороговою міжзрізовою зв'язаністю. Тобто, $V_R(\lambda_i) = \{ \dots \cup B^{k-1} \cup B^k \cup B^{k+1} \cup \dots \}$ - для бінарного вигляду.

Такі ж самі дії можуть бути використані що до зрізів із локальними максимумами внутрішньозрізової зв'язаності. В результаті маємо множину зображень, що становлять окремі сегменти вхідного зображення.

Сегменти, що одержані в результаті сегментації по кожному каналу R, G і B, підлягають подальшому дослідженню на предмет зв'язаності один з іншим. Це має сенс якщо завдання сегментації включає в себе виділення об'єкту, що складається з різних кольорів. При цьому на зв'язаність аналізуються не тільки контури областей, але і враховуються можливі “дірки” з окремих елементів. то цей процес може бути виражений наступним чином:

$$\Delta'(V_R, V_G) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N v_R(m+1, n) + v_R(m-1, n) + v_R(m, n+1) + \\ + v_R(m, n-1) + v_R(m+1, n+1) + v_R(m+1, n-1) + \\ + v_R(m-1, n+1) + v_R(m-1, n-1)\}, \quad \forall v^l(m, n) = 1,$$

де l – номер виділеного сегменту, $i=1, 2, \dots$, а $\Delta'(V_R, V_G)$ – функція зв'язаності між каналами R і G. Такі саме обчислення виконуються для каналів R і B, та G і B. Порівняння з пороговим значенням визначає рішення об об'єднанні областей по аналогії з (1) та (2).

ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для проведення експерименту були використані 20 кольорових зображень фруктів. Причому, на кожному зображенні містилося по два - три об'єкти. Забарвлення об'єктів було як однотоне так і змішане. В задачу сегментації входило виділення окремого зображення кожного фрукту. Приклад вхідного зображення наданий на рис.1. Проведено комп'ютерне моделювання сегментації, в процесі якого кожне з зображень було представлено у вигляді структурно-зв'язності моделі. Відповідно до кожної моделі були створені функції внутрішньозрізової, міжзрізової та міжканальної зв'язності.



Рис. 1. Приклад вхідного зображення

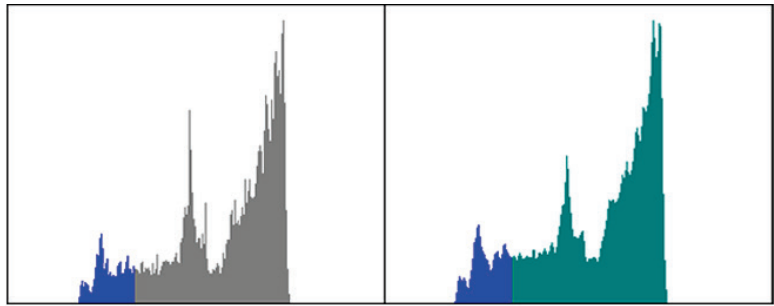
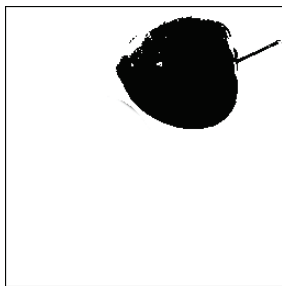
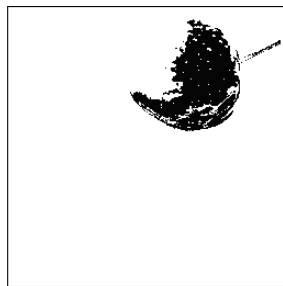


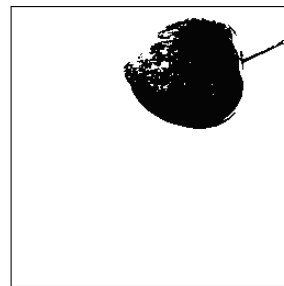
Рис. 2. Приклад функцій міжзрізової та внутрішньозрізової зв'язності



а)



б)



в)

Рис. 3. Приклад результату сегментації: а) – метод 1; б) – метод 2; в) – метод 3

За даними функціями та встановленими пороговими обмеженнями проведена сегментація зображень. Ті ж самі вхідні зображення були перетворені в напівтонові та проведена порогова сегментація. Третій вид сегментації, що проводився – це сегментація в просторі RGB, при якому встановлювалися порогові обмеження на кожен колір, та приймалися рішення щодо відношення до певної області. Четвертий вид сегментації – це «ідеальна» сегментація, яка виконана вручну за допомогою графічного пакету «Photoshop». За результатами сегментації з'ясовано, що при порівнянні результатів перших трьох методів з результатами «ідеальної» сегментації найкращі результати показав перший метод. Результати другого і третього методів залежали від типу вхідного зображення. Для зображень фруктів з однорідним забарвленням кращою за точністю була сегментація в RGB-просторі, а із змішаним забарвленням – порогова напівтонова сегментація. Передбачається подальше дослідження та апробація розроблених моделей та методів.

ВИСНОВКИ

Розроблено структурно-зв'язностну модель кольорового зображення, яка враховує не тільки кольорові та яскравісні характеристики зображення, а також і просторовий взаємозв'язок елементів зображення.

На підставі вищевказаної моделі розроблено метод сегментації кольорових зображень, який орієнтований на реалізацію в паралельних обчислювальних середовищах. Розроблений метод дозволяє підвищити точність кольорової сегментації для зображень із змішаним забарвленням.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс . – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с. – ISBN 5-94836-028-8
2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: [Пер. с англ.] / У. Прэтт. – М.: Мир, 1982. – Кн.2. – 480 с.
3. Денисов Д. А. Сегментация изображений на ЭВМ / Д. А. Денисов, В. А. Низовкин // Зарубежная радиоэлектроника. – 1985. – № 9. – С.5-29.
4. Параллельная обработка изображений / В.П. Кожемяко, А.К.Гара, Т.Б.Мартинюк, А.Г. Буда. – Ужгород: Изд-во Ужгород. ун-та, 1993. – 89с.
5. Скорюкова Я.Г. Сегментация изображений объектов за признаками связанности для задач технического зору / Л.І. Тимченко, Я.Г. Скорюкова, В.О. Тишківська // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2004. – №2. – С.70-72.
6. Скорюкова Я.Г. Метод покращення результатів сегментації гемоцитологічних зображень / Л.І. Тимченко, Я.Г. Скорюкова // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2003. – № 1-2 (5-6). – С. 46-49.
7. Сегментация напівтонових зображень: [Монографія] / Я. Г. Скорюкова, А.Л. Железняк, Л.І. Тимченко, О.І. Стасюк, С.М. Марков. – К.: ДЕГУ, 2008. – 144 с.

Надійшла до редакції 20.11.2010р.

СКОРЮКОВА ЯНІНА ГЕРМАНІВНА – к.т.н., доцент кафедри інженерної та комп'ютерної графіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.

МАРКОВ СЕРГІЙ МИХАЙЛОВИЧ – завідувач лабораторіями кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.